ANALISIS PERFORMANSI MODEL UNBEACON PADA WIRELESS SENSOR NETWORKS PROTOKOL IEEE 802.15.4 / ZIGBEE

Ardi Fajar Gunawan[1], Vera Suryani[2], Setyorini[3]

[1]Teknik Informatika, Fakultas Teknik Informatika, Universitas Telkom

Abstrak

IEEE 802.15.4 / Zigbee didesain pada layer PHY dan MAC untuk bekerja pada level low data rate dan desain protokol yang tidak terlalu rumit. Pada pemanfaatannya Zigbee banyak digunakan untuk aplikasi home automation, militer, pengamatan lingkungan, kesehatan, dan industri karena zigbee tidak terlalu membutuhkan banyak energi. Ada dua teknik dalam penggunaan jaringan zigbee, yaitu beacon enabled yang menggunakan teknik slotted CSMA/CA dan unbeacon/beaconless enabled yang menggunakan teknik unslotted CSMA/CA.

Pada tugas akhir ini, penelitian terfokus pada wireless sensor networks IEEE 802.15.4 model unbeacon yang disimulasikan menggunakan NS-2 kemudian diteliti dan dianalisis performansinya. Penelitian dimulai dari gambaran model unbeacon dan dilihat dari protokol MAC dalam hal teknik collision avoidance yang menggunakan teknik unslotted CSMA/CA. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui performansi yang bagus dari simulasi, yang kemudian dapat diterapkan dalam kondisi real.

Hasil menunjukkan, jika kepadatan trafik meningkat, performansi dari jaringan menurun. Namun throughput dapat ditingkatkan jika jaringan menggunakan mekanisme ACK. Dengan menggunakan baterai alkaline tipe AA, jaringan sensor bertopologi star dengan jumlah node 6 sampai 21 buah, baterai dapat bertahan antara 3 sampai 9 bulan dengan pertimbangan jaringan tidak menggunakan protokol routing tertentu. Parameter BE juga sangat berpengaruh terhadap throughput jika trafik jaringan padat, yaitu pada range 0,416 kbps sampai 6,3232 kbps, namun energi yang dikonsumsi juga semakin tinggi antara 0,145 Joule sampai 0,165 Joule. Selain itu semakin tinggi macMaxCSMABackoffs juga mempengaruhi performansi jaringan apabila trafik jaringan padat, throughput berkisar antara 56,8256 kbps sampai 57,5744 kbps, akan tetapi energy consumption juga semakin tinggi, antara 2,5412 Joule sampai 2,46123 Joule.

Kata Kunci : IEEE 802.15.4/Zigbee, PHY, MAC, slotted CSMA/CA, unslotted CSMA/CA, NS-2, energi, BE, macMaxCSMABackoffs.

Abstract
IEEE 802.15.4 / Zigbee is designed on the PHY and MAC layer to work at the level of low data rate and protocol design is not too complicated. On the utilization, Zigbee widely used for home automation, military, environmental monitoring, healthcare, and industrial, because Zigbee does not really need much energy. There are two techniques in the use of Zigbee network, the beacon enabled that uses slotted CSMA/CA technique, and the unbeacon/beaconless enabled that uses unslotted CSMA/CA.
In this final task, the research focused on unbeacon wireless sensor networks of IEEE 802.15.4 that simulated using NS-2 and then examined and analyzed the performance. The study starts from the description and viewed unbeacon mode of MAC protocol in terms of collision avoidance techniques that uses technique unslotted CSMA/CA. The purpose of this study was to determine the good performance of the simulation, which can then be applied in real conditions.
The result show that, if the traffic density increases, the performance of the networks decreases. However, the throughput can be increased if the networks uses ACK mechanism. By using AA type alkaline batteries, sensor networks using star topology with the number of nodes 6 to 21 pieces, the batteries can last between 3to 9 months with consideration of the network does not use a specific routing protocol. BE parameter also affects the throughput if the network traffic congested, ie in the range 0,416 to 6,3232 kbps, but the energy consumed is also higher between 0,145 to 0,165 Joule. Besides, the higher macMaxCSMABackoffs also affect network performance when the network traffic congested, throughput range from 56,8256 to 57,5744 kbps, but also the higher energy consumption, between 2,5412 to 2,46123 Joule.

Keywords : IEEE 802.15.4/Zigbee, PHY, MAC, slotted CSMA/CA, unslotted CSMA/CA, NS-2, energy, BE, macMaxCSMABackoffs.

---

1 Pendahuluan

1.1 Latar belakang masalah

Meningkatnya kebutuhan industri dan perkakas rumah membuat teknologi wireless semakin berkembang. Sehubungan dengan hal ini, protokol IEEE 802.154 diusulkan sebagai standar komunikasi wireless dengan *low data rate*, dan *low power consumption*. IEEE 802.15.4 bekerja pada layer PHY dan MAC yang memiliki kekuatan efisiensi PHY, dan fleksibilitas MAC sublayer, membuat IEEE 802.15.4 dijadikan protokol standar untuk wireless sensor networks WSN[8]. Protokol WSN ini banyak dimanfaatkan dalam *aplikasi home automation*, militer, pengamatan lingkungan, kesehatan, dan industri[1][5].

Dalam standar IEEE 802.15.4 ada dua model jaringan, yakni beacon enabled, yang menggunakan teknik slotted CSMA/CA, dalam pengaksesan kanal, dan unbeacon/beaconless enabled, yang menggunakan teknik unslotted CSMA/CA dalam pengaksesan kanal. Jaringan beacon enabled menggunakan menggunakan struktur superframe, yang di atur seluruhnya oleh koordinator PAN[13]. Superframe ini dibatasi oleh frame beacon. Frame beacon dikirim secara periodik untuk melakukan sinkronisasi time slot di superframe dengan setiap node. Jika jaringan unbeacon tidak ada mekanisme pengiriman beacon secara periodik, sehingga node tidak perlu setiap saat dalam kondisi mendengarkan beacon. Mekanisme transfer data juga memperbolehkan penggunaan ACK baik itu beacon enabled atau unbeacon[4]. Dari sifatnya, model unbeacon tidak memerlukan pengiriman beacon secara periodik sehingga memiliki overhead minimal[3].

Untuk pengaksesan kanal, pada MAC IEEE 802.15.4 versi unbeacon menggunakan teknik unslotted CSMA/CA. Algoritma ini diimplementasikan dalam sebuah unit waktu yang disebut dengan *backoff period*. Dalam IEEE 802.15.4 satu periode *backoff* sama dengan 20 simbol, 1 simbol sama dengan 4 bit. Sebelum mengakses kanal, sebuah device harus menunggu secara random yang ditentukan oleh sebuah variabel yang disebut dengan Backoff Eksponen(BE) selama 0 sampai 2^{BE}-1 periode *backoff*. Ketika device akan melakukan transmisi baru, maka BE minimal yang digunakan, kemudian jika gagal melakukan transmisi, maka BE akan bertambah satu[1][4].

Jika sebuah jaringan dengan intensitas *traffic* yang tinggi maka memerlukan periode *backoff* yang besar agar tidak terjadi kegagalan dalam pengaksesan kanal dan *collision* dapat dihindari. Namun dalam protokol IEEE 802.15.4 hanya membatasi nilai BE antara 3-5 karena standar protokol yang membatasinya guna penghematan energi. Sebagai akibatnya device sering menggunakan nilai periode *backooff* yang sama dalam mendeteksi kanal yang *idle*, yang mengakibatkan

channel acces failure (CAF), sehingga harus menunggu seacara *random* lagi dalam sebuah periode *backoff* selanjutnya[14][15].

Pada tugas akhir ini akan dilakukan simulasi WSN menggunakan protokol IEEE 802.15.4 versi *unbeacon* yang menggunakan mekanisme *unslotted* CSMA/CA. Simulasi dijalankan dengan sistem operasi linux dengan *tools* simulasi NS-2. analisis hasil dari implementasi tersebut menggunakan parameter-parameter seperti *throughput*, *end to end delay*, dan *energy consumption*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka masalah yang dapat dirumuskan adalah diantaranya sebagai berikut :

1. Bagaimana mengukur *performansi* IEEE 802.15.4 versi *unbeacon* pada jaringan *sensor*?
2. Bagaimana skenario untuk mendapatkan hasil pengukuran *performansi* IEEE.802.15.4 versi *unbeacon* pada *wireless sensor networks*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini diantaranya adalah :

1. Implementasi dilakukan pada jaringan *sensor* nirkabel yang statis.
2. Asumsi *node sensor* homogen dan tidak dapat mengkonversi energi sendiri
3. Versi yang dibahas adalah *unbeacon*.
4. Tidak ada *hidden node*.
5. *Security* tidak dibahas dalam buku ini.
6. Mode transfer data dari device ke koordinator PAN.

1.4 Tujuan

Tujuan pengerjaan tugas akhir ini berdasarkan rumusan masalah diatas adalah

1. Mengukur *performansi* IEEE.802.15.4 versi *unbeacon* pada jaringan *sensor* nirkabel, dilihat dari *energy consumption*, *delay*, *throughput*, pengaruh *macMaxBE*, *macMinBE*, dan *macMaxCSMABackoffs*.
2. Menganalisa skenario hasil pengukuran *performansi* IEEE.802.15.4 versi *unbeacon* pada jaringan *sensor* nirkabel.

1.5 Metodologi Penyelesaian Masalah

Metodologi penyelesaian masalah yang akan digunakan adalah :

1. Studi literatur
   Tahapan ini bertujuan untuk mempelajari teori dan konsep dari buku, artikel, maupun sumber-sumber lain yang menjelaskan tentang *wireless sensor network*, standar IEEE 802.15.4, dan parameter-parameter seperti *throughput*, *delay*, dan *energy consumption*.
2. Analisa Masalah
   Tahap ini adalah tahap menganalisa permasalahan berdasarkan hasil dari studi pustaka dan studi literatur. Pada tahap ini juga akan dilakukan peninjauan kembali terhadap setiap metode, model dan hal-hal yang perlu untuk dilengkapi sehingga pada proses implementasi dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan.
3. Implementasi sistem
   Tahap ini adalah tahap merancang sistem dan memodelkan dalam flowchart, kemudian membangun sistem dengan menggunakan tools simulasi NS-2.
4. Analisis hasil dan pengambilan kesimpulan
   Dari tahap implementasi WSN yang dilakukan dalam setiap skenario simulasi NS-2 dilakukan pembahasan/analisa.
5. Penyusunan laporan
   Tahap penyusunan laporan yaitu pembuatan laporan yang mencakup semua dokumentasi dari pengerjaan Tugas Akhir yang telah diselesaikan.

1.6 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

1. **Pendahuluan**
   Bab ini menguraikan tugas akhir secara umum, meliputi latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan metode penyelesaian masalah.
2. **Landasan Teori**
   Bab ini membahas uraian teori yang berhubungan dengan konsep Wireless Sensor Networks, protokol IEEE 802.15.4/Zigbee, algoritma unslotted CSMA/CA, Network Simulator, dan parameter-perameter uji seperti *throughput*, *delay*, dan *energy consumption*.
3. **Analisis Perancangan dan Implementasi**
   Bab ini membahas tentang perancangan dan pembuatan simulasi WSN IEEE 802.15.4 model unbeacon menggunakan topologi star, kemudian dilakukan simulasi dan pengamatan parameter yang mempengaruhi algoritma unslotted CSMA/CA.
4. **Pengujian dan Analisis Hasil Percobaan**
   Bab ini akan menganalisa data yang didapat dalam simulasi untuk kemudian dibahas lebih lanjut.

5. **Kesimpulan dan Saran**
   Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang diperoleh dari hasil implementasi dan analisis dalam tugas besar ini.

5 Penutup

5.2 Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji dan analisis yang dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Untuk penggunaan data image sebesar 70 byte, jumlah node 6-21 buah, baterai Alkalin tipe AA dapat bertahan kurang lebih 3-9 bulan dalam topologi star, dengan pertimbangan tidak menggunakan protokol routing tertentu (DumbAgent).
2. IEEE 802.15.4 model unbeacon sangat sensitif terhadap kepadatan *traffic*, sehingga agar performansi lebih optimal, dalam penggunaan jaringan sensor model unbeacon dengan topologi star, sebaiknya menggunakan device yang seminimal mungkin, dan menggunakan ukuran paket yang minimum.
3. Dengan penggunaan baterai Alkalin tipe AA, yang menggunakan konfigurasi jumlah node 6 buah, paket rate 5Kbps, jarak node ke koordinator PAN 10 meter, dan menggunakan daya pancar antena 15 meter, baterai dapat bertahan kurang lebih 8 bulan.
4. Semakin padat trafik dalam jaringan, akan meningkatkan *delay* dan menurunkan *throughput*. Oleh karena itu penggunaan ACK diperlukan untuk meningkatkan *throughput*.
5. Dalam mekanisme unslotted CSMA/CA, penentuan lama menunggu *Backoff slot*, semakin besar nilai parameter BE sangat mempengaruhi Performansi jaringan, yaitu meningkatkan konsumsi energi dan meningkatkan *throughput*, namun disertai dengan peningkatan *delay*.
6. Dalam mekanisme unslotted CSMA/CA, parameter *macMaxCSMABackoffs* sangat menentukan lama waktu *idle* dari suatu *device* sebelum mengakses kanal atau gagal mengakses kanal, yang mempengaruhi konsumsi energi. semakin besar nilai *macMaxCSMABackoffs* menyebabkan *delay* dan *throughput* semakin besar.

5.3 Saran

Setelah menyelesaikan proses pengerjaan tugas akhir ini, maka ada beberapa saran untuk bisa mengembangkan sistem menjadi lebih baik.

1. Untuk penghematan energi perlu diteliti penggunaan mekanisme GTS (Guaranteed Time Slot) pada Contention Free Period (CFP).
2. Menggunakan topologi mesh dan cluster tree, dan menganalisis *packet loss*, *jitter*, serta *packet delivery ratio*.
3. Mengimplementasikan dalam kehidupan nyata, sehingga dapat dilakukan perbandingan dengan hasil simulasi.

Daftar Pustaka

[1] Calleway, E., Gorday, P., Hester L., Gutierrez J. A., Naeve M., Heile B., and Bahl, V. (2002). *Home Networking with IEEE 802.15.4 A Developing Standard for Low-Rate Wireless Personal Area Networks*. IEEE Communication Magazine.

[2] Cheng, L. (2007). *IEEE 802.15.4 MAC Protocol Study and Improvement*. Department of Computer Science : Georgia state University.

[3] Dierdonck, N. V. (2006). *Throughput and Delay Analysis of Unslotted Zigbee*. Journal of Networks : Belgium.

[4] Ergen, S., C. (2004). *Zigbee/IEEE 802.15.4 Summary*.

[5] Francheschi, M. A., dan Khaled N. (2009). *Performance Analysis of the Contention Access Period in the slotted IEEE 802.15.4 for Wireless Body Sensor Networks*. Universidad Carlos III de Madrid : Leganes, Mayo.

[6] Gao, C. (2009). *Performance and Energy Efficiency in Wireless Self-Organized Networks*. Universitas Wasaensis.

[7] Kinney, P.(2003). *ZigBee Technology : Wireless Control that Simply works*. Communication Design Conference.

[8] Koubaa, A., Alves, M., Tovar, E. (2006). *A Comprehensive Simulation Study of Slotted CSMA CA for IEEE 802.15.4 Wireless Sensor Networks*. Polytechnic Institute of Porto.

[9] Kouba, A., Alves, M., dan Tovar, E. (2005). IEEE 802.15.4 for wireless sensor networks : a technical overview. IPP-Hurray : Portugal.

[10] Lewis, F. L. (2004). *Wireless Sensor Networks*. Automation Robotics Research Institute : The University of Texas at Arlington.

[11] Marandin, D. *Simulation of IEEE 802.15.4 / Zigbee with network simulator-2(NS-2)*. Terakhir di akses pada 30 September 2011. http://www.ifn.et.tu-dresden.de/~marandin/ZigBee/ZigBeeSimulation.html

[12] Networks Simulator-2. Terakhir diakses pada tanggal 30 September 2011. http://www.isi.edu/nsnam/ns/

[13] Buratti, C. (2009). *Performance Analysis of IEEE 802.15.4 Non Beacon-Enabled Mode*. IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol 58, no 57.

[14] Rao, V. P., dan Marandin, D.(2006). *Adaptive Backoff Exponent Algorithm for ZigBee (IEEE 802.15.4)*. Departement of Electrical Engineering and Information Technology : Dresden, Germany.

[15] Rohm, D. M. (2009). *Dynamic Reconfiguration of Beaconless IEEE 802.15.4 MAC parameters to Achieves Lower Packet Loss Rates*. The University of Wisconsin : Milwaukee.

[16] Suryani, V. (2009). *Analisis Performansi Protokol Zigbee pada Jaringan Wireless Personal Area Network*. Sekolah Teknik Elektro dan Informatika : Institut Teknologi Bandung.

[17] Zheng, J. (2003). *Star Over 802.15.4 (Beacon Enabled)*. Terakhir diakses pada tanggal 30 September 2011. *http://ns2-wimax-awg.googlecode.com/svn/trunk/branches/tud/ns-2.34/tcl/ex/wpan/*